Ueber

appositionelles Knochenwachsthum.

Inaugural-Dissertation

welche

unter Zustimmung der hochlöblichen medicinischen Facultät zu Marburg

zur

Erlangung der Doctorwürde

in der

Medicin, Chirurgie und Geburtshülfe

einreicht und

am 2. März 1874

öffentlich vertheidigen wird

Ferdinand Esch

aus Herdecke.

MARBURG.

Druck von C. L. Pfeil.

Seinem theuren Oheim,

Herrn Theodor vom Rath,

in Duisburg

in Liebe und Verehrung

gewidmet

vom

Verfasser.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554412_0233

Ueber appositionelles Knochenwachsthum.

Herr Professor Lieberkühn betraute mich auf mein Ersuchen um ein Thema zu einer Dissertation mit Studien und Untersuchungen über das Wachsthum der Knochen, zu welchem Zweck derselbe die grosse Güte hatte, mir sein reiches Material an Literatur und Präparaten über diesen Gegenstand zur Verfügung zu stellen.

Es handelt sich hierbei vorzüglich darum, zu entscheiden, auf welche Weise dieses Wachsthum vor sich geht, ob auf interstitiellen oder appositionellen Vorgängen beruhend. Die Theorie, nach der das interstitielle Wachsthum angenommen wird, nennt man die Expansionstheorie, diejenige, nach der das appositionelle Wachsthum als allein richtig vertheidigt wird, heisst die Appositions- oder Juxtapositionstheorie. Während Clopton Havers, der Entdecker der nach seinem Namen benannten Kanäle („nach dessen Annahme das Wachsthum der Knochen in die Länge und in die Dicke sich vollzog an jedem einzelnen der Partikelchen, aus welchen er die Filamente des Knochens zusammengesetzt sein liess") der Ansicht huldigte, dass dieses Wachsthum auf interstitiellen Vorgängen beruhe, nahm man, seit die Ergebnisse der Experimente von Hunter, Duhamel und Flourens in die Oeffentlichkeit gedrungen, fast allgemein an, dass die Theorie vom appositionellen Wachsthum die allein richtige sei*).

*) Cfr. Virchow's Archiv 1870. Band 50.

Die Versuche des grossen Anatomen und Physiologen Johannes Müller, die auf denselben Methoden beruhten, wie diejenigen von Duhamel und Flourens, auf die wir uns im Verlaufe dieser Schrift noch berufen werden, bestätigten die Beobachtungen und Schlüsse obiger Forscher und damit die Berechtigung dieser Theorie bis in unsere Tage.

In neuerer Zeit ist von Dr. Julius Wolff der Versuch gemacht worden, die Lehre vom appositionellen Knochenwachsthum anzugreifen, ihre Existenz als durchaus unbegründet hinzustellen, mit einem Wort, die „Juxtapositionstheorie über Bord zu werfen".

Genannter Forscher veröffentlicht seine Schlüsse und Ansichten nebst den Ergebnissen seiner Experimente im fünfzigsten Bande von Virchow's Archiv v. J. 1870.

Zu Anfang seines Aufsatzes geht Wolff davon aus, die Lehre der graphischen Statik und ihre Beziehung zur Anlage der Knochenbälkchen zu erklären, woran sich die Behauptung anreiht, dass nach eben diesen Lehren der graphischen Statik ein appositionelles Wachsthum der Knochen absolut unmöglich sei.

Wolff beruft sich dabei auf Mittheilungen und Ansichten des Herrn Culmann, Professor am Polytechnikum in Zürich, welcher sich dahin ausgesprochen, dass bei dieser Anlage der Bälkchen der Spongiosa am oberen Ende des Femur, die in ihrer Anordnung zu einander gelagert sind, wie die Träger und Stützen eines Krahnes oder einer aus Eisen construirten Brücke, an Resorption und Anlagerung dieser Bälkchen nicht zu denken sei, dass dann, wenn dieses stattfinde, der Knochen unmöglich diese Festigkeit, die ihn zum Tragen der Rumpflast befähige, beibehalten könne, dass er in sich zusammenbrechen müsse, geradeso wie eine aus eisernen Trägern und Stützen construirte Brücke zusammenstürzen würde, wenn man

diese Stützen und Träger herausnehmen und allmälig ersetzen wollte.

Aus theoretischen Gründen lässt sich aber hier eine Entscheidung nicht treffen über die streitige Frage, sondern hier entscheiden Versuche, und klar vor Augen liegende Ergebnisse dieser Versuche.

Wolff glaubt nach seinen, auch den allerstrengsten Anforderungen genügenden mathematischen Beweisen das interstitielle Wachsthum der Knochen in sein altes Recht wieder eingesetzt zu haben, aber er führt auch die Ergebnisse seiner Experimente an und beschreibt seine Präparate, mit denen er das interstitielle Wachsthum beweisen will. — Wolff legte bei einem jungen Hunde zwischen Palatum durum und Ossa bregmatis (Ossa parietalia) einen zu einem festen Ring zusammengeschnürten Silberdraht subcutan um den Schädel. Nach Verlauf von $2'/_2$ Monaten wurde das inzwischen stark gewachsene Thier getödtet, wonach sich ergab, dass der Draht an einzelnen Stellen bis in die Hirnhöhle gedrungen war, nachdem er vorher das Schädeldach in seinem ganzen Umfang in die Hirnhöhle hinein eingebogen hatte.

Diese Einbiegung, schliesst Wolff, spreche unbedingt gegen die mit der Appositionstheorie eng verbundene Lehre von der Resorption von Knochensubstanz; denn, wenn an der Tabula vitrea des Schädels Knochensubstanz entsprechend der Apposition resorbirt würde, so hätte der Ring in seinem ganzen Umfange ohne Einbiegung der Knochensubstanz in die Hirnhöhle wandern müssen.

Ferner erwähnt Wolff die Resultate der beiden folgenden Versuche, von denen er die Präparate auf der Naturforscherversammlung zu Dresden vorgelegt hat.

An dem einen Präparat hatte ein Draht, der zwischen der Mitte und der unteren Epiphyse der Tibia eines Ka-

ninchens befestigt worden war, keine grössere Krümmung des betreffenden wachsenden Knochens hervorgerufen, als in einem ganz analogen Fall ein anderer Draht, der die Mitte der Diaphyse und einen dem Epiphysenknorpel sehr nahen Punkt derselben Diaphyse fest mit einander verbunden hatte.

Das andere in Dresden vorgezeigte Präparat hat drei Drahtstiftchen getragen, die im unteren Ende der Tibia eines Kaninchens befestigt waren; das erste in der Epiphyse, das zweite in der Entfernung von 3 Millimeter vom ersten in der Diaphyse, das dritte 3 Millimeter vom zweiten in derselben Diaphyse. Schon nach 13 Tagen wurde das Versuchsthier getödtet und es zeigte sich zwischen dem ersten und zweiten, dem zweiten und dritten Stift je eine Entfernung von $5'/_2$ Millimeter, woraus Wolff den Schluss zieht, dass an der Epiphysengrenze das Längenwachsthum nicht mit Betheiligung einer Apposition vom Epiphysenknorpel aus vor sich gehe, sondern dass alles Wachsthum nahe der Epiphysengrenze durch eine besonders lebhafte Expansion im Bereiche der spongiösen Knochenregion geschehe.

Ferner macht Wolff gegen die von der Markhöhle der Knochen aus stattfindende Resorption von Knochensubstanz geltend, dass in die Markhöhle eingeführte Drähte in derselben festwachsen, mit Knochensubstanz also umlagert werden.

Die Lehre vom appositionellen Knochenwachsthum hat es aber nie als Norm hingestellt, dass die Resorption von Knochensubstanz auch bei Anwesenheit fremder Körper in deren Nähe vor sich geht. Man muss eben bedenken, dass diese Drähte als fremde Körper einen continuirlichen Reiz auf den Knochen und seine Häute ausüben, dass dadurch die dem Knochen anliegende Grenzschicht des Knochenmarks, welcher ja von der Appositionstheorie eine

osteogene Eigenschaft nicht im Entferntesten abgesprochen ist, zur Anlagerung von Knochensubstanz bewogen wird. Das anatomische Institut in Marburg besitzt Präparate, an denen überall in der Markhöhle die Resorption gleichmässig stattgefunden hat, nur nicht an der Durchtrittstelle der Stifte und nicht zwischen denselben.

Bevor ich dazu übergehe, an der Hand von Versuchen und Präparaten, die aus den Versuchen hervorgegangen, zum Nachweise der Berechtigung der Appositionstheorie beizutragen, will ich versuchen die Ergebnisse der Wolff-schen Experimente mit der Appositionstheorie in Einklang zu bringen, will ich versuchen dieselben nach dieser Theorie zu erklären. Um auf das Experiment mit dem jungen Hund zurückzukommen, dem der genannte Forscher einen Draht zwischen Palatum durum und Ossa bregmatis um den Schädel gelegt hatte, welcher Draht nach Verlauf von $2^1/_2$ Monaten unter Einbiegung der Knochensubstanz theilweise in die Hirnhöhle gewandert war, so steht diese Einbiegung den Lehren der Appositionstheorie nicht im Mindesten entgegen, sondern sie steht ganz wohl mit denselben im Einklang. Dass eben der Draht in die Hirnhöhle gewandert ist, gerade dieser Umstand spricht für die Appositionstheorie, denn dadurch wird ja gerade dargethan, dass Resorption stattgefunden hat und zwar Resorption an der Tabula vitrea. Wolff erwähnt in der oben citirten Abhandlung ein Experiment, dessen Ergebniss freilich mit der Appositionstheorie nicht in Uebereinstimmung zu stehen scheint, nämlich dass die oben erwähnten in Entfernung von 3 Millimetern eingeschlagenen drei Stifte schon nach 13 Tagen je $2^1/_2$ Millimeter von einander gerückt waren. Es liegt kein Grund vor, gegen die Kürze der Zeit zwischen Einschlagen der Stifte und Untersuchung des Ergebnisses Etwas einzuwenden; man braucht ja nur an das auffallend schnelle Wachsthum eines Hirschgeweihes zu denken, aber

besser und richtiger ist es immerhin, längere Zeit zu warten, bevor man nach einem derartigen Versuch ein Thier tödtet, um zu Resultaten zu gelangen.

Ich wage nicht im Entferntesten an der Exaktheit, welche Wolff bei seinen Experimenten angewendet hat, zu zweifeln; mir selbst liegt sogar ein Präparat vor, an dem die Stifte ihre Entfernung von einander geändert haben, so dass ein scheinbarer Widerspruch mit den Lehren vom appositionellen Knochenwachsthum vorliegt.

Betrachtet man das betreffende Präparat aber vorsichtig und genau, so findet man als Grund einen Vorgang, der durch einen Fehler bei Anstellung des Versuches bedingt ist.

In den „Sitzungsberichten der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften zu Marburg“ (No. 2. März 1872) ist dieses Präparat von Herrn Professor Lieberkühn beschrieben.

Es stammt von einem jungen Hund, dem am 23. März 1871 zwei Silberstifte in Entfernung von 23 Millimetern in die Tibia geschlagen worden waren. Die Länge der Tibia hat damals 44 Millimeter betragen, der obere Stift stand $3^1/_2$ Millimeter von der oberen Epiphyse.

Das Versuchsthier wurde nach Verlauf eines Jahres im März 1872 getödtet, wonach sich ergab, dass der obere Stift ganz von Knochensubstanz bedeckt war, während der untere etwas über die Oberfläche des Knochens in schiefer Stellung zur Axe desselben mit bedeutender Neigung nach abwärts hervorragte. Ihre Entfernung betrug statt der erwarteten 23 Millimeter nicht weniger als 32 Millimeter, so dass, wenn man bei Anstellung des Experimentes daran gedacht hätte, die Spitzen der Stifte durch einen hinlänglichen starken Draht zu verbinden, der Knochen hätte gebogen werden müssen. Wir hätten also dann unzweifelhaft ein Ergebniss gehabt, wie es Wolff dadurch erhielt, dass

er einen Draht zwischen der Mitte der Diaphyse und einem dem Epiphysenknorpel sehr nahen Punkt befestigte.

Der erwähnte Knochen aus der hiesigen Sammlung wurde aufgesägt und es fand sich, dass der obere Stift, der ganz in den Knochen eingeheilt vorgefunden worden und in Entfernung von $3^1/_2$ Millimetern von der Epiphyse eingeschlagen worden war, jetzt sich 15 Millimeter von ihr entfernt befand, dass also fast 12 Millimeter Knochensubstanz zwischen ihm und der Epiphyse neu aufgelagert war.

Dieser Vorgang steht in Uebereinstimmung mit dem appositionellen Längenwachsthum der Knochen. Die Untersuchung des unteren Stiftes ergab, dass derselbe schief in den Knochen eingeschlagen war. Sein unteres, tiefer in der Markhöhle steckendes Ende stand in der alten Entfernung von 23 Millimetern vom oberen Stift. Innen hatte Resorption stattgefunden. Durch irgend einen Vorgang war das frei über die Oberfläche des Knochens ragende Ende nach abwärts gedrückt worden, darauf war das umgebende Periost verknöchert.

Wenn nun, wie es der gewöhnliche Hergang ist, vom Periost neue Knochensubstanz an den Knochen aufgelagert wurde, so musste, da der betreffende Knochen ein cylindrischer Körper ist und da die Stifte convergent eingeschlagen waren, die Entfernung zwischen denselben sich vergrössern. Es wäre denkbar, dass in den Wolff'schen Versuchen dasselbe geschehen ist, aber abgesehen davon, hat sich bei denselben der Knochen nicht in der normalen Weise entwickelt, sondern es ist eine starke Wucherung und Ossification des Periostes eingetreten, wodurch die Beurtheilung erschwert wird. Ein Ergebniss, wie es Wolff nach dem Einschlagen der drei Stifte angetroffen, ist bis jetzt meines Wissens von keinem Forscher erwähnt, obgleich einige Herren, wie Herr Professor Lieberkühn, Dr. Maas und Ollier eine grosse Anzahl von Experimenten ange-

stellt haben, die auf denselben Methoden beruhen. Da Wolff nun oben erwähnten Fehler unberücksichtigt gelassen, so liegt die Aufforderung nahe, oben erwähnte Erscheinung in derselben Weise auszulegen.

„Der Crapp verbindet sich einzig und allein mit der während der Fütterung neu abgelagerten Knochen- und Zahnbeinsubstanz und lässt die schon gebildeten Theile ganz unverändert.“ — „Die einmal durch Crapp gefärbte Knochensubstanz scheint ihre Färbung lange Zeit zu bewahren und schwindet die roth gefärbte Knochensubstanz nur in Folge der typischen Resorption an gewissen Stellen“ *).

Füttert man ein Thier einige Zeit mit Crapp, so wird dieser Farbstoff in den Knochen desselben abgelagert, setzt man darauf die Crappfütterung aus und giebt diegewöhnliche Nahrung einige Zeit hindurch, tödtet dann das Thier und untersucht die Knochen, so findet man die Knochensubstanz, die während der Krappfütterung und diejenige, welche während der Darreichung der gewöhnlichen Nahrung gebildet ist, scharf von einander abgegrenzt. Aus diesem Grunde hat man schon vor längerer Zeit Thiere mit diesem Stoff gefüttert, an denen man Studien über das Wachsthum der Knochen, ob interstitiell, ob appositionell, machen wollte. — Duhamel fütterte Thiere einige Zeit mit Crapp, gab ihnen darauf ihre gewohnte Nahrung. Er tödtete dieselben nach einiger Zeit und fand ihre Röhrenknochen aus abwechselnden Lagen von rother und weisser Knochensubstanz gebildet. — Flourens fand bei Versuchen, die er auf dieselbe Weise anstellte, dass die inneren Schichten der Röhrenknochen in demselben Maasse durch Resorption schwanden, wie aussen neue Knochenmasse angelagert wurde.

---

*) A. Kölliker: „Weitere Beobachtungen über das Vorkommen und die Verbreitung typischer Resorptionsflächen.“ Würzburg 1872.

Johannes Müller nahm, nachdem er ebenfalls mit Krappfütterung Versuche angestellt hatte, ein ausschliesslich appositionelles Knochenwachsthum an*).

Ein in derselben Abhandlung Lieberkühn's erwähnter Unterkiefer eines Hundes liegt mir vor. Das Versuchsthier hatte durch vier Wochen hindurch Crapp, darauf eine Woche lang seine gewohnte Nahrung erhalten und wurde dann getödtet. In dem Unterkiefer desselben ist ein zweiter kleinerer, durch Crappablagerung roth gefärbter Unterkiefer mit scharfen Contouren abgegrenzt. Die ganze Oberfläche ist mit neuer Knochensubstanz bedeckt, die ungefärbt, also in der letzten Woche bei gewohnter Nahrung angelagert ist. Die vordere Seite des Processus coronoideus zeigt keine ungefärbte, neu angelagerte Knochensubstanz, um so mehr der hintere Rand; eben so starke Anlagerung zeigt sich in der Incisura semilunaris und am Processus condyloideus, während sie am Alveolarrand der Zähne, am vorderen Rand in der Gegend der Dentes incisivi und an der Innen- und Aussenfläche des Kiefers in schwächerem Maasse stattgefunden hat. Ein Theil des vorderen Randes des Kieferastes ist durch Resorption untergegangen. Durch die starke Anbildung, welche der obere und hintere Rand des Processus condyloideus und des Processus coronoideus erfahren haben, ist der ganze Ast des Unterkiefers weiter nach hinten gerückt. — Als zweites Präparat liegt mir der Wirbel eines jungen Fuchses vor, der in gleicher Weise wie der vorerwähnte Hund mit Crapp gefüttert ist. Der Wirbel zeigt ein ganz ähnliches Verhalten wie der Kiefer des Hundes. In demselben sieht man einen rothen, kleineren Wirbel aufgezeichnet. An der Aussenfläche des Wirbels, an sämmtlichen Fortsätzen, an den oberen und

*) Lieberkühn: „Ueber Wachsthum und Resorption der Knochen." Marburg 1867.

unteren Rändern der Körper und Bögen hat sich neue ungefärbte Knochensubstanz angesetzt. Das stärkste Wachsthum zeigen die Processus spinosi. Entsprechend der ausgebreiteten Anlagerung documentirt sich im Canalis spinalis eine starke Resorption dadurch, dass die innere compakte Knochenlamelle ein wenig gefärbtes, roth und weiss gestreiftes Aussehen darbietet.

Auf einem zu dieser inneren Knochenlamelle senkrecht geführten Schnitt bemerkt man, dass diese roth und weiss gestreiften Linien sich in die Fäden der spongiösen Substanz des Wirbels fortsetzen.

Nach Herrn Professor Lieberkühn's Erklärung ist der Vorgang während des Wachsthums folgender gewesen: Neue Knochensubstanz ist an der Aussenfläche angesetzt, innen hat Resorption stattgefunden. Um zu verhindern, dass dabei die spongiöse Substanz des Wirbels blossgelegt werde, ossificirt gleichzeitig von dem jungen Markgewebe zwischen den an der Oberfläche liegenden Knochenfäden so viel, als der Dickendurchmesser der compakten Lamelle beträgt. Hat die Resorption noch nicht lange genug gedauert, so dass sie noch nicht bis zur spongiösen Substanz durchgedrungen ist, so erscheint auch die compakte Lamelle durchweg roth.

Drittens erlaube ich mir die Anführung folgender Präparate. Einige derselben sind von Herrn Prof. Lieberkühn bereits erwähnt worden*). — Die mir vorliegenden, zu beschreibenden Präparate sind zwei Schienbeine von zwei jungen Füchsen. In jedes dieser Schienbeine wurden im Frühjahr 1871 in der Entfernung von 7 Millimetern zwei Stifte eingeschlagen. Man hat die Thiere im Herbst desselben Jahres getödtet. Es ergiebt sich Folgendes: Die

*) Cfr. Sitzungsberichte der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften zu Marburg No. 2, März 1872.

Knochen sehen normal aus und sind bedeutend gewachsen, indem sie ihr Maass, das zur Zeit der Anstellung des Versuches 6 Centimeter betragen hat, bedeutend überschritten haben. Die Stifte sitzen an beiden Knochen ungefähr in der Mitte, an dem einen Präparat etwas höher als beim anderen. Ihre Entfernung ist dieselbe geblieben, genau 7 Millimeter. In der Markhöhle zeigt sich an den Stellen, wo die Stifte hindurch getreten sind und als continuirliche Reize gewirkt haben, eine Anlagerung spongiöser Knochensubstanz. Die Markhöhle ist im Uebrigen ganz normal.

Ein anderes Präparat zeigt in einer Entfernung von 5 Millimetern zwei Stifte, die in dieser selben Entfernung von einander eingeschlagen worden sind. Der eine Stift ist in einer Entfernung von 3 Millimetern von der Epiphysenscheibe eingeschlagen worden. Nach meiner Messung befindet er sich jetzt fast 25 Millimeter von ihr entfernt, so dass annähernd 22 Millimeter zwischen diesem Stift und der Epiphysenscheibe in einem Zeitraum von einem halben Jahre durch das Längenwachsthum dieses Knochens angelagert sind.

Den Versuchen Wolff's, der, nachdem er, wie erwähnt, einen Drahtring um den Schädel eines Hundes gelegt, später fand, dass derselbe den Knochen in seinem ganzen Umfange eingebogen, setze ich folgenden Fall aus derselben Präparatenreihe entgegen.

Vor mir liegt der Unterkiefer eines jungen Hundes, in welchem sich zwei Ringe von Platindraht befinden. Die Ringe sind in der gegenseitigen Entfernung von 24 Millimetern eingelegt, ihre Enden sind unter dem unteren Rand des Unterkiefers zusammengedreht worden. Es wurde das Thier ein halbes Jahr nach Anstellung des Versuches getödtet. Die Messung ergiebt, dass die Entfernung der Ringe noch dieselbe ist, nämlich 24 Millimeter. In der Nähe der Ringe zeigt sich der Knochen verdickt; ihre

zusammengedrehten Enden ragen frei über die Knochenoberfläche; über dieselben hat sich die Ossification nicht verbreitet. Die Ringe befinden sich aber nicht mehr am unteren Rande des Kiefers, sondern in der Substanz des Knochens. Der eine Querschnitt des einen Ringes befindet sich gegen 2 Millimeter vom unteren Unterkieferrand in compakter Knochensubstanz, der andere Querschnitt liegt im Unterkieferkanal. Mit dem anderen Draht verhält es sich gerade so, der eine Querschnitt liegt in compakter Knochensubstanz, der andere im Unterkieferkanal.

Nimmt man an, dass die Knochen durch Apposition von Knochensubstanz wachsen, so wird damit zugleich auch die Annahme und der Beweis bedingt, dass entsprechend diesem Wachsthum die Ansätze der Muskeln sich verschieben.

Ich habe in der Sammlung des anatomischen Instituts zu Marburg ein Präparat gesehen, das diesen Beweis von der Muskelansatzverschiebung liefert. In den betreffenden Knochen, Oberarmbein eines Hundes, war in einer Entfernung von 26 Millimeter vom Ende des Knochens ein Silberstift dicht unterhalb des Musculus deltoideus eingeschlagen worden. Das Versuchsthier hat nach dieser Operation 6 Monate lang gelebt.

Die jetzige Entfernung des Stiftes vom Rande des Musculus deltoideus beträgt 7 Millimeter; die Entfernung desselben Stiftes vom Ende des Knochens beläuft sich jetzt auf 40 Millimeter, ist also um 14 Millimeter vergrössert. Wenn nun, um einen Rückblick auf diese Versuche zu werfen und ihre Ergebnisse zu würdigen, das Wachsthum der Knochen ein auf interstitiellen Vorgängen beruhendes wäre, so hätte doch bei den mit Crappfütterung angestellten Experimenten, der Knochen in allen seinen Theilen mehr oder weniger roth sein müssen, es hätte dann ferner, was von grossem Gewicht ist, der Musculus deltoideus sich nicht

von dem hart an seinem Rande eingeschlagenen Stifte um ganze 7 Millimeter entfernen dürfen; so aber, da sich die Anlagerung von Knochensubstanz bei der Crappfütterung, und die, welche bei Darreichung der gewöhnlichen Nahrung vor sich gegangen ist, ganz evident durch ihre rothe und weisse Färbung von einander unterscheiden, da die Muskelansätze sich entsprechend dem Knochenwachsthum von ihren Stellen bewegen, da auch endlich in den Knochen eingeschlagene Stifte bei der nöthigen Vorsicht bei Anstellung des Versuches sich nicht von einander entfernen, so ist dadurch doch genugsam bewiesen, dass die Annahme des interstitiellen Wachsthums der Knochen nicht die richtige ist, dass das Knochenwachsthum nur durch Apposition geschieht.

Auch die Versuche von Maas, die in Folgendem noch angeführt werden sollen, sprechen gegen die Wolff'schen Experimente und deren Erklärung, während sie mit den von mir beschriebenen im Grossen und Ganzen übereinstimmen.

Maas legte um die Tibia eines jungen Meerschweinchens Querringe unter das Periost und fand dieselben, je nach dem das Thier längere oder kürzere Zeit nach der Operation gelebt hatte und zur Untersuchung verwandt war, in der Markhöhle selbst oder von allen Seiten von Knochengewebe umgeben in der Rindensubstanz *).

War die Versuchszeit eine acht- bis neunwöchentliche und lag, dieser Versuchsdauer entsprechend, der Ring in der Rindensubstanz des Knochens, so wurde die Tibia an der betreffenden Stelle leicht verdickt gefunden; hatte die Versuchszeit dagegen länger als 8 — 9 Wochen gewährt, so dass der Ring also in diesem Fall in die Markhöhle gewandert war, so liess sich makroskopisch kein Unter-

*) Dr. H. Maas: „Zur Frage über das Knochenwachsthum." Breslau, im Mai 1872.

schied zwischen dem zum Versuch verwandten Knochen der einen Seite und dem unverletzt gebliebenen Knochen der anderen Seite nachweisen. Die mikroskopische Untersuchung ergab ebenfalls keine Abnormität, während sie bei den Präparaten, an denen sich der Ring noch in der Rindensubstanz befand, zeigte, dass über demselben junge, durch eine scharfe Linie von den älteren getrennte, Knoschichten auflagen. Die jungen Knochenschichten waren leicht zu erkennen an ihren zahlreichen weiten Gefässen und den unregelmässig um dieselben liegenden Knochenkörperchen.

In einigen Fällen fand Maas, dass ein kleiner Theil des Ringes an der Oberfläche des Knochens sichtbar blieb, während der grösste Theil desselben im Knochengewebe lag; in noch anderen Fällen zeigte sich in Uebereinstimmung mit den Wolff'schen Versuchen eine Einbiegung des Knochens, ohne dass Maas jedoch zugleich eine Einbiegung der Havers'schen Canäle, die Wolff behauptet gesehen zu haben, constatiren konnte.

Einige Male sah Maas den Knochen unter dem Ring verdünnt und atrophisch, bei anderen Befunden zeigt sich eine periphere Einbiegung durch eine entsprechende Auflagerung von der Markhöhle aus ausgeglichen. Maas erklärt diese Art von Einbiegung damit, „dass der umgelegte Platindrahtring entweder an einzelnen Stellen vorwiegend, oder an seinem ganzen Umfange die Thätigkeit des Periostes verhindert.“ Maas betrachtet auch die dem Markkanal aufliegende Schicht als ein Zeichen der verminderten Thätigkeit, indem die Resorption der Knochensubstanz durch den Druck des aufliegenden Ringes an der entsprechenden Stelle vermindert wird.

Bei Erwähnung seines zweiten Versuches sagt Maas:

„Bringt man in der Diaphyse der Knochen in Bohrlöchern Stifte an, so bleibt ihre Distanz in der Diaphyse

genau dieselbe; beide Stifte entfernen sich dem Längenwachsthum entsprechend von den Epiphysen (Hunter'scher Versuch), ohne dass eine Veränderung am Knochen sonst sichtbar ist."

Derselbe Forscher erwähnt ein anderes seiner Präparate, in dem die Stiftchen 10 Wochen gelegen, bevor das Versuchsthier getödtet worden war. Das eine Siftchen fand sich frei in der Markhöhle, das zweite mit einem nekrotischen Knochenstückchen im Periostcallus eingebettet. Die Markhöhle fand sich an der Stelle, wo die Periostauflagerung stattgefunden hatte, stark verengt, indem die Apposition neuer Knochenschichten vom Periost aus stärker gewesen war, als die Resorption von Knochensubstanz im Inneren der Markhöhle.

Dr. Maas erklärt im weiteren Verlauf seiner Abhandlung, dass er stets nur Anlagerung von Knochensubstanz, nie eine auf interstitielle Vorgänge hindeutende Veränderung habe constatiren können, dass es ihm niemals möglich gewesen sei, an Präparaten, an denen Stifte durch die ganze Dicke des Knochens getrieben waren, die an ihren Durchtrittsstellen durch den Knochen Verdickung desselben bewirkt hatten, Veränderung durch Wucherung, also interstitielles Wachsthum zu finden, indem er hinzufügt, dass die älteren Knochenschichten leicht erkennbar gewesen seien, da eine scharf markirte Linie sie von der neu angelagerten Substanz getrennt habe.

Maas hat weitere Untersuchungen angestellt dadurch, dass er Thieren Fracturen beibrachte und zwar in der Diaphyse und dicht an einer der Epiphysen. Er markirte die Entfernung von der anderen Epiphyse durch einen um den Knochen gelegten Querring. Als nach einiger Zeit das Ergebniss dieser Operation in Augenschein genommen wurde, offenbarte sich, dass die Entfernung zwischen dem von der Fractur gebildeten Callus und dem Ring dieselbe blieb, dass

dagegen Callus und Ring sich von der Epiphyse im Verhältniss zum Längenwachsthum des Knochens entfernten.

Der vierte Maas'sche Versuch bestand darin, dass er Platindrahtringe an Knochen legte, die eine bestimmte Länge der Diaphyse umfassten. Bei der Besichtigung des Resultates dieses Experimentes stellte sich heraus, dass diese Ringe eine Verkrümmung des Knochens nicht bewirkt hatten, sondern, dass sie in ihrer ganzen Ausdehnung nach der Markhöhle zu gewandert waren. Auch hakenförmig gekrümmte Drähte, welche durch Bohrlöcher in der Längsrichtung der Diaphyse befestigt waren, wurden zu mehreren Malen in der Markhöhle gefunden. In anderen Fällen, wo absichtlich sehr starke Drähte bei Ausführung dieser selben Operation angewandt worden waren, wurde der afficirte Knochen in heftigen Reizzustand versetzt, der sich durch Verlängerung und bedeutende periostale Auflagerungen, also Verdickung, zu erkennen gab, durch welche der Knochen dann äusserlich scheinbar verbogen und verkrümmt war. Dass Knochen durch Einschlagen von Elfenbeinzapfen, (z. B. bei Pseudarthrosen), zu energischerem Wachsthum angeregt werden, hatte B. v. Langenbeck schon früher angegeben. Langenbeck bewirkte durch Einschlagen solcher Zapfen bei einem Hund eine nachweisbare Dickenzunahme der Diaphyse und Verlängerung des Knochens.

Auch Maas hat einen Fall erwähnt, bei dem sich nach Vergleichung eines Knochens, der durch einige Zeit hindurch Drahtstiftchen getragen, mit dem unverletzten Knochen derselben Extremität der anderen Seite herausstellte, dass derjenige Knochen, in welchem die Stiftchen als continuirliche Reize gewirkt hatten, um 5 Millimeter länger war; der eine Knochen mass 9,0 Centimeter, der andere 9,5 Centimeter. Maas bildet in der oben citirten Schrift ein Präparat seiner Sammlung ab, in dem ein sehr

heftiger Reizzustand gewirkt hatte. Es ist dies die Tibia eines Kaninchens, an der während 10 Wochen ein Längsring gelegen hat. An der oberen Durchtrittsstelle dieses Platindrahtringes zeigt sich merkwürdigerweise keine Veränderung durch Produkte der Entzündung, an der unteren Durchtrittsstelle dagegen hat die Neubildung um so energischer stattgefunden, so dass sogar an jener Stelle die Markhöhle in einer Ausdehnung von 1 Centimeter vollkommen geschlossen ist. Maas berichtet über dasselbe Präparat weiter, dass gegenüber der Stelle, wo die Periostauflagerung sehr stark hervortritt, der unveränderten Rindenschicht der andern Seite ein makroskopisch wahrnehmbarer Saum normaler Knochensubstanz aufliegt, während die an einer Stelle 6 Millimeter dicke Auflagerung sich deutlich als Periostcallus documentire. Da diese Produkte, die ihr Entstehen einer entzündlichen Reizung des Periosts verdanken, an solchen Stellen, wo sie keinen physiologischen Zweck erfüllten, entsprechend ihrem raschen Wachsthum rasch resorbirt zu werden pflegten, indem sich die ursprüngliche Form des Knochens wiederherstelle, so könne der Längsring in sehr verschiedenen Stellungen zum wieder normal gewordenen Knochen gelangen. Wäre dieser Rückbildungsprocess noch nicht vollendet, so könne der Knochen scheinbar zwischen den Enden des Längsrings verbogen sein.

Auf diese Weise wird sich auch der betreffende Wolff'sche Versuch in seinem Ergebniss möglicherweise erklären lassen. Nachdem Maas noch seine Versuche erwähnt hat, die er mit Abschaben des Periostes angestellt, wobei er gefunden, dass dasselbe sich wieder angelegt hat oder durch Bindegewebe ersetzt worden ist, mit Ausnahme eines Falles, in welchem der Knochen das erwartete natürliche Verhältniss gezeigt hat, indem er nach dieser Operation nekrotisch geworden, sagt er in Betreff der Anlage der Knochenbälk-

chen und der Lehren der graphischen Statik zum Schlusse, dass nach seiner Ansicht Nichts der Ansicht entgegenstehe, dass die von der Peripherie der Epiphysengrenze kommenden Molecüle, sobald sie an den angegebenen Stellen unter die Gesetze der graphischen Statik kämen, sich in der von Wolff streng durchgeführten Weise anordneten; dass bei ihrer Resorption von der inneren Seite von Aussen kommende Theilchen an ihre Stelle treten, dass die Lehre vom appositionellen Knochenwachsthum hierdurch in keiner Weise alterirt werde*).

In dem von Senator und Rosenthal redigirten „Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften" vom 30. August 1873 befindet sich ein Bericht über die neueste „Recherches sur le mode d'accroissement des os" betitelte Arbeit eines französischen Forschers, Namens Ollier. Dieser hat die Resultate seiner zahlreichen Experimente, die er theils früher bei seinen Untersuchungen über periostale Knochenbildung, theils erst in neuester Zeit angestellt hat, aus Anlass der mehrerwähnten Arbeiten Wolffs über das interstitielle Wachsthum veröffentlicht.

Ollier benutzte zu seinen Experimenten, wie die meisten anderen Forscher, ebenfalls Metalldrähte, die er in bestimmten Entfernungen in die Diaphyse der Knochen einliess. Ollier legt grosses Gewicht auf folgendes Verfahren:

Es wird ein Kanal in den Knochen eingebohrt und in denselben ein dicker Bleidraht drehend eingebracht, der das Lumen des Kanals vollständig ausfüllt. Die Enden des Bleidrahtes werden über der Knochenoberfläche zusammengedreht und in der Mitte des oberflächlichen Stückes eine Marke mit dem Bohrer in den Knochen gebohrt,

*) Dr. H. Maas: „Zur Frage über das Knochenwachsthum." Breslau, im Mai 1872.

sodann das nicht im Knochen steckende Drahtstück abgeschnitten. So hat man zwei sichere Messpunkte gewonnen, während doch der so befestigte, hart am Knochen abgeschnittene Draht weder durch die Ausdehnung des Periostes, noch durch die Verschiebung der darüber weglaufenden Weichtheile dislocirt werden kann. Bei kleinen und kurzen Knochen wird einerseits nahe dem Knorpelrand eine Bleidrahtschlinge durchgeführt, andererseits zwei Bleidrähte in gemessener Entfernung in den Knochen in der oben erwähnten Weise eingelassen. Ollier experimentirte meist an der Tibia und mit Thieren, die nur wenige Tage alt waren. Bei Katzen und Kaninchen änderten die in der Diaphyse eingekeilten Drähte nie ihren gegenseitigen Abstand. Dasselbe fand er in den meisten Fällen bei ganz jungen Hühnern und Tauben, trotzdem dass sich die Länge der Knochen inzwischen (2—3 Monate) verdoppelt hatte; nur einige Male waren die Drähte gegen $1^1/_2$ Millimeter von einander gerückt. Allerdings waren die Bohrkanäle in diesen Fällen erweitert, allein nicht so bedeutend, um daraus allein ihr Auseinanderrücken erklären zu können. Die Entfernung, in welcher die Bohrlöcher auseinander standen, betrug den vierzigsten bis fünfzigsten Theil der Länge des Knochens; die Zeit, welche Ollier zwischen Anstellung des Versuches und Controlle des Ergebnisses verstreichen liess, belief sich im Durchschnitt auf 10 Monate. Die Auslegung Ollier's, dass diese letzten Ergebnisse seiner Versuche für die Annahme des interstitiellen Knochenwachsthums zu verwerthen seien, lässt sich dasselbe entgegenstellen, was gegen das Präparat von Wolff bemerkt worden ist, an dem sich die drei Stifte um je $2^1/_2$ Millimeter von einander entfernt halten. Es sind nämlich wahrscheinlich auch hier die Bohrkanäle nicht parallel in den Knochen eingebohrt worden. Ollier hat diese Fehlerquelle ebenfalls unberücksichtigt gelassen.

Dass das Längenwachsthum der Knochen von den Epiphysenfugen ausgeht, also ein appositionelles ist, geht doch auch ganz bestimmt daraus hervor, dass ein Knochen ganz beträchtlich in seiner Entwicklung in die Länge zurückbleibt, wenn er seinen Epiphysenknorpel verloren hat. Zerstört man den Epiphysenknorpel theilweise oder versetzt man ihn durch Traumen in Reizzustand, so wird sein Wachsthum in geringerem Maasse verlangsamt.

„Dass die beiden Epiphysenverbindungen nicht gleich lange Knochenstücke produciren, kann man daraus entnehmen, dass nach Wegnahme einer derselben die Verkürzung gleich der Länge des von ihr während der Versuchszeit producirten Knochenstücks ist, woraus sich auch die meist nur unbedeutende Wachsthumsabnahme nach Vereiterung oder Verknöcherung gewisser Epiphysenscheiben, z. B. des unteren Endes des menschlichen Oberarms, erklärt.“ *)

In breite Knochen (Sternum) eingelassene Drähte bieten dasselbe Resultat, wie die in lange Knochen eingelassenen, während ihre Entfernung vom Knorpelrande im Verhältniss zum Wachsthum des Knochens sich vergrössert, bleibt ihre gegenseitige Entfernung stets dieselbe.

Aehnliche Versuche sind mit demselben Erfolge unter der Leitung des Professors der Chirurgie, R. Volkmann in Halle angestellt worden.**)

In Folgendem sollen nunmehr einige neue Präparate des hiesigen anatomischen Institutes beschrieben werden, die von grossem Interesse und von Bedeutung für die Lehre vom appositionellen Knochenwachsthum sind.

Die beiden ersten zu beschreibenden Präparate beweisen, dass die Art und die Genauigkeit, mit der man

*) Ollier: „Recherches sur le mode d'accroissement des os.“

**) Cfr. „Archiv für experimentelle Pathologie“ von Klebs, Naunyn und Schmiedeberg. I. Band.

bei der Einlegung von Drähten in die Knochen verfährt, von grossem Einfluss auf das Ergebniss der Versuche ist, dass man eben, wenn die Bohrlöcher sich nicht von einander entfernen sollen, dieselben parallel zu einander anlegen muss; andernfalls werden sie ihre Entfernung ändern, wie das zweite Präparat zeigt. Das dritte Präparat ist dadurch merkwürdig, dass einer der in den Knochen gelegten Stifte sich bei der Untersuchung des event. Ergebnisses in der Markhöhle befand, und dass sein Bohrloch verwachsen war.

Mit Hülfe des vierten Präparates wird für die Zähne der Beweis des appositionellen Wachsthums geliefert.

Das fünfte Präparat ist geeignet, auch für die Knochen des Schädeldaches darzuthun, dass sie durch Apposition von Knochengewebe und nicht durch interstitielle Vorgänge wachsen.

Das erste Präparat stammt von einem jungen Hunde, dem Anfang des Monats April 1872 zwei Löcher in der Entfernung von 7 Millimetern in die Tibia gebohrt worden waren, und zwar durch die ganze Dicke derselben hindurch und in der Weise, dass das eine in gerader Linie über dem anderen lag; durch diese Löcher wurde ein äusserst feiner Platindraht gezogen und zu einem Ringe zusammengedreht. Die Folgen der Operation wurden am 4. Februar 1873 untersucht. Die Tibia war mittlerweile noch einmal so lang geworden; wenn sie nur durch interstitielles Wachsthum diese Grösse erreicht hätte, so mussten die Bohrlöcher um ein Bedeutendes von einander entfernt sein. Dieselben waren noch sichtbar, da die Drähte nicht in die Knochensubstanz eingeheilt waren. Ihre Entfernung von einander betrug genau noch 7 Millimeter.

Einem anderen Hunde wurden ebenfalls zwei Löcher quer durch die ganze Tibia gebohrt und zwar in einer Entfernung von nahezu 13 Millimetern von einander. Sie

lagen schief zur Längsaxe des Knochens; es wurde in gleicher Weise ein feiner Draht durch dieselben gezogen und zu einem Ringe zusammengedreht. Am 19. August 1872 wurde der Hund getödtet. Der Unterschenkel war etwas über die Hälfte seiner Länge gewachsen und derjenige Theil des Ringes, an welchem die Zusammendrehung des Drahtes stattgefunden hatte, lag frei, der auf der entgegengesetzten Seite befindliche dagegen war vollständig von Knochensubstanz bedeckt, und an dieser Fläche der Tibia hatte ein ganz regelmässiges Wachsthum stattgefunden; auf der ersteren Seite befand sich dagegen eine flache Furche unter dem Draht. Die Entfernung der Bohrlöcher von einander betrug beinahe 14 Millimeter, und hatte dieselbe demnach um nahezu 1 Millimeter zugenommen. Bei Annahme des appositionellen Wachsthums findet jedoch auch diese Erscheinung ihre vollkommene Erklärung, wenn man in Erwägung zieht, dass die die Bohrlöcher verbindende Linie nicht parallel der Axe des Knochens, sondern geneigt zu derselben verläuft; bei Verdickung des cylinderähnlichen Körpers müssen derartige Bohrlöcher aus einander rücken.

Einem dritten Hunde wurden ebenfalls zu Anfang des Monats April 1872 zwei starke Silberstifte nach der Markhöhle convergirend eingeschlagen, um eine Entfernung der Bohrlöcher von einander während des Wachsthums zu erzielen. Dieser Versuch zeigte sich misslungen, da, wie die Untersuchung am zweiten October ergab, nur der eine Stift in die Knochensubstanz eingeheilt war, so zwar, dass sein äusseres Ende von Periost, aber nicht von Knochensubstanz bedeckt wurde. Der andere Stift lag locker innerhalb der Markhöhle, ohne dass innerhalb der Knochensubstanz eine Spur der ursprünglichen Oeffnung seines Kanales wahrzunehmen war.

Es sei hier noch eine Erscheinung erwähnt, welche das Wachsthum der Zähne von mit Crapp gefütterten Hunden betrifft, bei denen einige Monate vor dem Tode die Crappfütterung ausgesetzt worden war.

Es zeigte sich bei diesen das neuangesetzte Stück der Wurzel mit scharfer Linie abgegrenzt gegen den gefärbten Theil dadurch, dass keine Spur einer Röthung sich eingestellt hatte.

Von mehreren Versuchen, die über das Wachsthum der Schädelknochen angestellt wurden, gelang einer vollständig, welcher auch hier die Annahme des appositionellen Wachsthums erforderlich macht. Ein Stückchen Silberdraht wurde unter das Periost des Stirnbeins und mit seiner Spitze in die Knochensubstanz desselben bei einem jungen Hunde eingeführt. Nach ungefähr einem halben Jahre war dasselbe so vollständig in die Knochensubstanz eingeheilt, dass äusserlich und auch auf der Innenfläche des Stirnbeins keine Spur davon zu entdecken war.

Zum Schlusse kann ich nicht umhin, dem Herrn Professor Lieberkühn an dieser Stelle meinen tiefgefühltesten Dank auszusprechen für die Theilnahme und nachdrückliche Unterstützung, die mir derselbe so bereitwillig bei der Bearbeitung der Frage vom Knochenwachsthum gewährt hat.

Thesen.

I.

Bei Intermittens ist die Darreichung der Solutio arsenicalis Fowleri erst dann indicirt, wenn die Chininpräparate ohne Wirkung geblieben sind.

II.

Die von Esmarch empfohlene Methode zur Erzeugung künstlicher Blutleere in Extremitäten ist zu verwerfen.

III.

Zur Einleitung der künstlichen Frühgeburt verdient die Einführung einer Bougie zwischen Gebärmutter und Eihäute vor allen anderen Methoden den Vorzug.

Friedr. Ferdinand Esch, protestantischer Confession, wurde geboren am 3. Mai 1849 zu Herdecke in Westfalen. Nachdem er den ersten Unterricht in den Anstalten seiner Vaterstadt erhalten und $3^1/_2$ Jahre in dem Institut des Herrn Educationsrathes Dr. Barop in Keilhau zugebracht hatte, bezog er im April 1865 das Gymnasium zu Burgsteinfurt, das er im Herbst 1867 mit dem Gymnasium zu Dortmund vertauschte, wo er Ostern 1870 das Maturitätsexamen bestand.

Darauf bezog er die Universität Bonn, von wo er nach 2 Semestern Ostern 1871 nach Marburg ging. Hier bestand er am 12. März 1872 das Tentamen physicum und wandte sich darauf nach München. Nachdem er hierauf das Wintersemester 1872/73 und den Sommer 1873 in Berlin studirt, kehrte er im September 1873 nach Marburg zurück.

Als seine Lehrer verehrt er mit dankbarem Herzen die Herren Professoren und Docenten:

v. Boeck, Buhl, Busch, Carius, Dohrn, Frerichs, Hanstein, Kekulé, v. Koenen, Külz, Lahs, v. Langenbeck, Lieberkühn, Mannkopff, Martin, Melde, Nasse, v. Nussbaum, Pflüger, Roser, Schaaffhausen, H. Schmidt, Max Schultze, de la Valette, Virchow, Voit, G. Wagener, Waldenburg.